

**POTENSI LIMBAH SAGU (*Metroxylon* sp.) DI KECAMATAN TEBING TINGGI  
BARAT KABUPATEN KEPULAUAN MERANTI SEBAGAI SUBSTRAT  
PENGHASIL BIOGAS**

Khaidir Anuar<sup>1</sup>, Delita Zul<sup>2</sup>, Fitmawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Biologi

<sup>2</sup>Bidang Mikrobiologi Jurusan Biologi

<sup>3</sup>Bidang Botani Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

e-mail: khaidir\_anuar@yahoo.com

**ABSTRACT**

Biogas is one of alternative energy sources that fulfills future fuel needs. This study aimed to analyse the potency of sago waste as fermentation substrate for biogas production. This research was done experimentally by employing sago waste materials obtained from Sago Factory Nambus River from District West Tebing Tinggi Sub-province Meranti and fresh cow rumen liquid was obtained from slaughterhouse in Pekanbaru. The biogas volume was calculated by measuring the volume of water that was pushed every 3 days, where the volume of water driven was proportional to the volume of biogas produced. The bacterial cell numbers was counted using plate count method employing Nutrient Agar (NA). The substrate fermentation temperature and pH were measured every 3 days. The highest biogas volume was produced by fermenter III (45760 ml) containing solid sago waste, liquid sago waste, and rumen liquid with ratio 1 : 1 : 1 and the lowest was produced by fermenter II (1600 ml). The total bacterial involved in biogas production ranges from  $1,87 \times 10^5$ –  $2,87 \times 10^8$  CFU/ml samples. The temperature and pH of substrate fermentation was relatively constant during biogas production. The results showed that sago waste is potential as substrate for biogas production.

Keywords : Biogas, Sago waste, rumen liquid, bacteria

**ABSTRAK**

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan dalam pemenuhan kebutuhan bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan volume biogas, menghitung total populasi bakteri, suhu, dan pH. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan bahan baku limbah sago dari Pabrik Sagu Sungai Nambus asal Kec. Tebing Tinggi Barat Kab. Kepulauan Meranti dan rumen sapi segar dari Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru. Volume biogas dihitung dengan cara mengukur volume air yang terdesak setiap 3 hari sekali selama 30 hari pengamatan, dimana volume air yang terdesak sebanding dengan volume biogas yang dihasilkan. Total populasi bakteri dihitung dengan metode *plate count* menggunakan medium *Nutrien Agar* (NA). Suhu

dan pH diukur setiap 3 hari sekali dengan menggunakan pH meter. Hasil penelitian diperoleh volume biogas terbanyak pada fermentor III sebanyak 45.760 ml dan volume biogas terendah diperoleh pada fermentor II sebanyak 1.600 ml. Total populasi bakteri yang terlibat dalam proses produksi biogas ini berkisar antara  $1,87 \times 10^5$ – $2,87 \times 10^8$  CFU/ml sampel. pH yang telah diukur pada setiap fermentor rata-rata berkisar antara 3,45 – 7,62 dan suhu yang telah diukur pada setiap fermentor rata-rata berkisar antara  $28,1^{\circ}\text{C}$  –  $31,6^{\circ}\text{C}$ .

Kata Kunci: Biogas, Limbah Sagu, Rumen Sapi, Bakteri

## PENDAHULUAN

Sagu (*Metroxylon* sp.) merupakan tanaman asli Indonesia dengan luas areal sekitar 1.128 juta Ha atau 51,3% dari luas areal sagu dunia. Daerah potensial penghasil sagu di Indonesia meliputi Riau, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, Maluku dan Papua. Sekitar 90% areal sagu di Indonesia terdapat di Papua (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan 2010). Area tanaman sagu di Provinsi Riau mencapai luas 61.759 ha yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 52.344 Ha (84,75%) dan perkebunan besar swasta seluas 15.415 ha (15,25%). Salah satu daerah penghasil sagu di Riau adalah Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti dengan luas areal berkisar  $\pm$  60.000 Ha (Suherman 2009).

Sagu termasuk tanaman potensial penghasil pati dan diolah sebagai penghasil tepung sagu (Whistler dan BeMiller 1997). Pengolahan sagu menjadi tepung sagu di Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti dapat mencapai 450.000 ton/tahun (Riau Pos 2012). Proses pengolahan sagu ini juga dapat menghasilkan limbah ikutan berupa kulit batang sekitar 17-25% dan ampas sagu 75–83% (McClatchey *et al.* 2006). Ampas sagu dapat dimanfaatkan sebagai campuran substrat biogas karena banyak mengandung bahan organik terutama unsur karbon (Lay *et al.* 2010).

Proses pengolahan tepung sagu biasanya dilakukan dekat sumber air seperti di pinggir sungai ataupun anak sungai. Biasanya limbah dibuang ke sungai di sekitarnya, terutama limbah cair yang diduga dapat mengganggu kondisi air sungai. Air buangan yang masuk ke lingkungan perairan dapat menurunkan kualitas perairan dan mencemari lingkungan. Dampak yang dapat ditimbulkan dari limbah tersebut berupa terjadinya pembusukan pada permukaan air dan pada selang waktu tertentu akan mengeras sehingga menutupi permukaan air (Priyono 2012). Pencemaran perairan sungai yang disebabkan oleh limbah pengolahan pabrik sagu dapat diantisipasi dengan memanfaatkan limbah tersebut sebagai substrat penghasil biogas (Faisol 2012).

Limbah sagu mengandung lignoselulosa yang kaya akan selulosa dan pati, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber karbon. Limbah sagu berupa ampas mengandung 65,7% pati dan sisanya berupa serat kasar, protein kasar, lemak, dan abu. Berdasarkan presentase tersebut ampas mengandung residu lignin sebesar 21%, sedangkan kandungan selulosanya sebesar 20% dan sisanya merupakan zat ekstraktif dan abu. Selain itu, kulit batang sagu mengandung selulosa (57%) dan lignin yang lebih banyak (38%) daripada ampas sagu (Kiat 2006).

Potensi limbah ternak kotoran sapi dalam menghasilkan biogas sangat tinggi dibandingkan limbah yang lainnya. Menurut Junaedi (2002), produksi biogas dari

kotoran sapi berkisar 600 liter s/d 1000 liter biogas per hari yang dapat memenuhi kebutuhan energi untuk memasak satu keluarga rata-rata 2000 liter per hari. Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan energi memasak rumah tangga dapat dipenuhi dari kotoran 3 ekor sapi. Kotoran ternak ruminansia sangat baik digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas, karena hewan ternak ruminansia memiliki sistem pencernaan untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput atau hijauan berserat tinggi, sehingga secara otomatis juga memiliki kelompok mikroorganisme yang mampu merombak senyawa tersebut dan senyawa kompleks lainnya. Feses ternak ruminansia, khususnya sapi mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa feses sapi mengandung 22,59% selulosa; 18,32% hemi selulosa; 10,20% lignin; 34,72% total karbon organik; 1,26% total nitrogen; 27,56:1 rasio C:N; 0,73% P; dan 0,86% K (Lingaiyah dan Rajasekaran 1986).

## METODE PENELITIAN

### Pengambilan Subtrat Fermentasi

Limbah sagu yang digunakan adalah limbah cair dan limbah padat berupa ampas sagu dan daun sagu yang terdapat pada pabrik sagu di Sungai Nambus Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti sedangkan ekstrak rumen sapi diambil dari Rumah Potong Hewan (RPH) yang berada di Kota Pekanbaru. Rumen sapi tersebut diambil dan disaring menggunakan saringan untuk mendapatkan cairan rumen.

### Produksi Biogas

Produksi biogas pada penelitian ini dilakukan dengan cara mencampurkan limbah padat sagu, limbah cair sagu, dan rumen sapi kedalam sebuah fermentor yang sudah dimodifikasi. Komposisi dan rasio substrat fermentasi untuk produksi biogas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dan rasio dari substrat fermentasi

Fermentor	Substrat	Rasio	Volume Akhir (L)
1.	Limbah Cair : Rumen Sapi	1 : 1	6 Liter
2.	Limbah Cair : Rumen Sapi	2 : 1	6 Liter
3.	Ampas Sagu : Limbah Cair : Rumen Sapi	1 : 1 : 1	6 Liter
4.	Ampas Sagu : Limbah Cair : Rumen Sapi	1 : 2 : 1	6 Liter
5.	Daun Sagu : Limbah Cair : Rumen Sapi	1 : 1 : 1	6 Liter
6.	Daun Sagu : Limbah Cair : Rumen Sapi	1 : 2 : 1	6 Liter

Biogas yang dihasilkan selama proses fermentasi akan dialirkan melalui selang ke dalam gelas ukur 1000 ml yang dipenuhi air dan dipasang terbalik. Volume biogas dihitung dengan cara mengukur volume air yang terdesak, dimana volume air yang terdesak sebanding dengan biogas yang dihasilkan.

### Pengukuran pH dan Suhu

Pengukuran pH dan suhu sampel dilakukan menggunakan pH meter setiap 3 hari sekali dengan waktu pengamatan selama 30 hari.

### Perhitungan Total Populasi Bakteri

Total populasi bakteri dihitung dengan metode *plate count* menggunakan medium Nutrien Agar (NA). Dilakukan pengenceran substrat sampel sebanyak 1 ml ke dalam 9 ml larutan NaCl 0,85% sampai faktor pengenceran  $10^{-6}$ . 1 ml sampel hasil pengenceran diinokulasi ke dalam medium NA secara *pour plate*. Diinkubasi pada suhu kamar selama 24 jam kemudian dihitung jumlah koloni yang tampak. Total populasi bakteri dihitung dengan mengalikan jumlah koloni per cawan petri dengan faktor pengenceran (Hadioetomo 1993). Rumus penghitungan total populasi bakteri:

$$\text{Total Populasi Bakteri (CFU/ml)} = \frac{\text{Jumlah Koloni per cawan petri}}{\text{ml sampel}} \times \frac{1}{\text{fp}}$$

Keterangan:

CFU : *Colony Forming Unit*

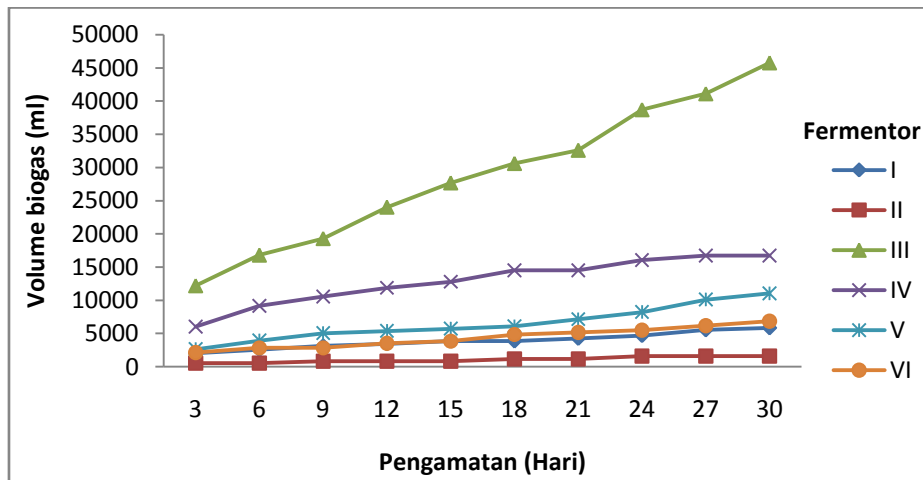
fp : faktor pengenceran

### Analisis Data.

Data pengukuran pH, suhu, total populasi bakteri dan volume gas yang dihasilkan diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume Biogas



Gambar 1. Volume biogas selama 30 hari pengamatan

Volume biogas yang dihasilkan pada penelitian ini secara akumulatif terus mengalami kenaikan mulai dari hari ke 3 hingga hari ke 30 (Gambar 1). Volume biogas yang dihasilkan pada tiap-tiap fermentor selama 30 hari sebesar 5.870 ml pada fermentor I, 1.600 ml pada fermentor II, 45.760 ml pada fermentor III, 16.770 ml pada fermentor IV, 11.070 ml pada fermentor V dan 6.870 ml pada fermentor VI. Volume biogas tertinggi dihasilkan oleh fermentor III sebesar 45.760 ml, sedangkan volume biogas terendah dihasilkan oleh fermentor II yaitu sebesar 1.600 ml selama 30 hari pengamatan.

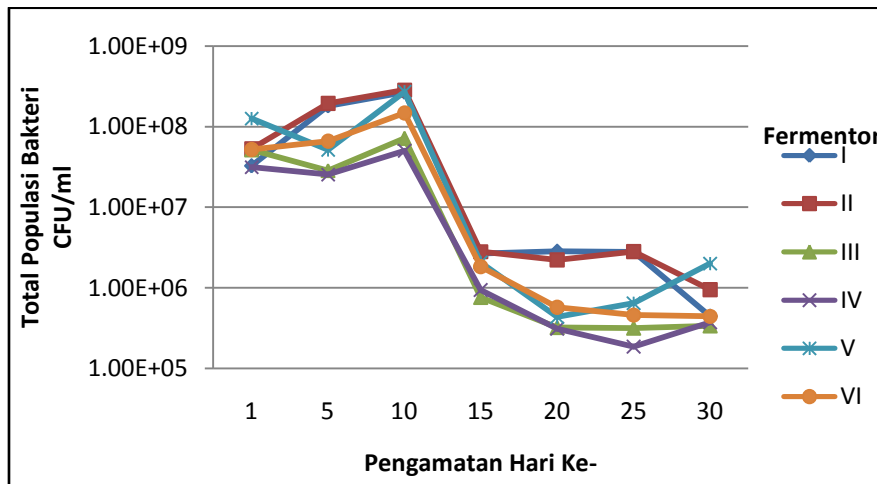
Produksi biogas tertinggi pada fermentor III terdiri atas campuran ampas sagu, limbah cair, dengan rumen sapi dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Tingginya volume biogas yang dihasilkan karena kandungan limbah cair sagu dan ampas sagu kaya akan kandungan selulosa dan pati, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber karbon dalam menghasilkan biogas. Limbah sagu berupa ampas mengandung 65,7% pati dan sisanya berupa serat kasar, protein kasar, lemak, dan abu (Kiat 2006).

Biogas yang dihasilkan pada fermentor yang menggunakan substrat limbah daun sagu yang dicampur dengan limbah cair dan rumen sapi dengan rasio 1 : 1 : 1 dan 1 : 2 : 1 diperoleh biogas sebesar 11.070 ml dan 6.870 ml. Volume biogas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan biogas yang dihasilkan pada fermentor III dan fermentor IV. Hal ini karena substrat yang digunakan adalah limbah daun sagu. Limbah daun sagu memiliki komposisi lignoselulosa yang sulit untuk didegradasi oleh mikroba. Menurut suparjo (2008), lignoselulosa sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa.

### **Total Populasi Bakteri**

Total populasi bakteri pada proses produksi biogas pada penelitian ini dapat dilihat pada (Gambar 2). Total populasi bakteri yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara  $1,87 \times 10^5$ - $2,87 \times 10^8$  CFU/ml. Populasi bakteri dari hari ke 1 sampai hari ke 10 relatif mengalami kenaikan mulai dari  $2,57 \times 10^7$ - $2,87 \times 10^8$  CFU/ml, namun mulai dari hari ke 10 sampai hari terakhir pengamatan populasi bakteri rata-rata mengalami penurunan hampir pada semua fermentor hingga mencapai  $1,87 \times 10^5$  CFU/ml.

Populasi bakteri sempat mengalami kenaikan pada hari terakhir yaitu pada fermentor V pada hari ke 20 mengalami kenaikan hingga hari ke 30 yang mencapai  $2,02 \times 10^6$  CFU/ml, hal ini juga terjadi pada fermentor IV yang sempat terjadi kenaikan jumlah populasi bakteri dari hari ke 25 hingga hari ke 30 yaitu dari  $1,87 \times 10^5$ - $3,73 \times 10^5$  CFU/ml. Populasi bakteri tertinggi pada penelitian ini diperoleh sebesar  $2,87 \times 10^8$  CFU/ml yang terdapat pada fermentor II pada hari ke 10, sedangkan jumlah populasi terendah terdapat pada fermentor IV pada pengamatan hari ke 25 sebesar  $1,87 \times 10^5$  CFU/ml.

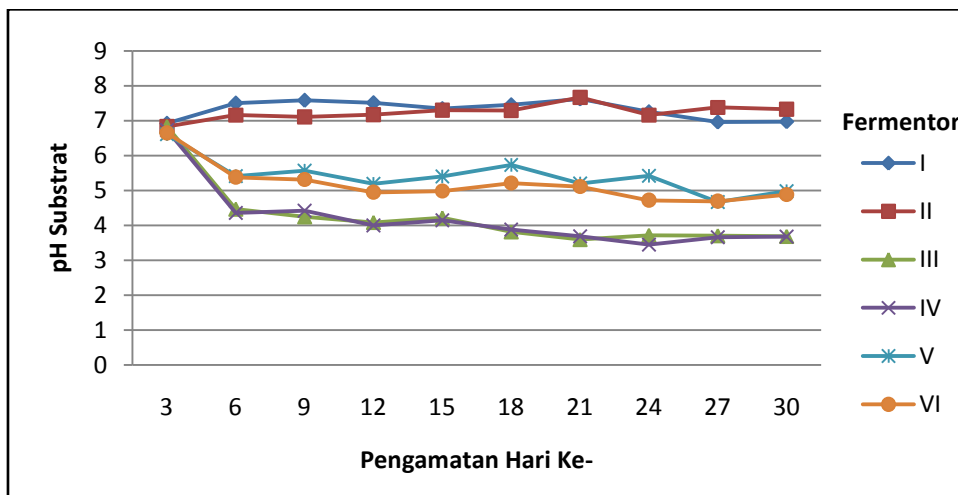


Gambar 2. Total populasi pada setiap fermentor

Suciati (2011), penurunan total populasi bakteri dapat terjadi karena adanya perubahan kondisi lingkungan pada fermentor dari kondisi aerob menjadi anaerob. Hal tersebut dikarenakan mikroba yang berada di dalam fermentor tidak mampu beradaptasi dengan kondisi yang anaerob dan hanya mikroba yang mampu beradaptasi pada kondisi anaerob saja yang dapat tumbuh. Menurut Rokaheski (2012), penurunan total populasi bakteri terjadi akibat terbatasnya  $O_2$  yang terdapat di dalam fermentor, karena proses fermentasi terjadi secara anaerob. Kondisi anaerob ini akan menghambat metabolisme bakteri, sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan bahkan menyebabkan kematian.

### Suhu dan pH terhadap Produksi Biogas

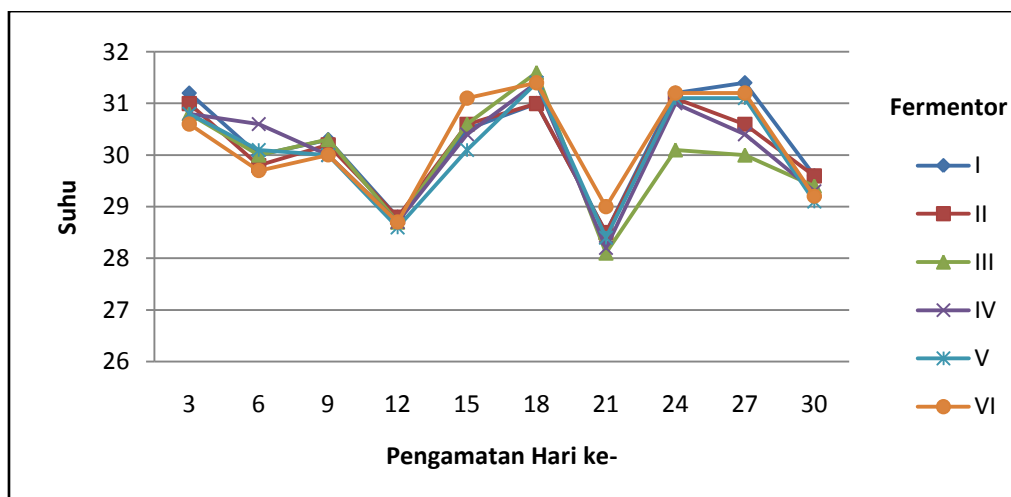
pH substrat dalam fermentor berkisar antara 3,45 – 7,62 (Gambar 3). pH awal substrat pada pengamatan rata-rata memiliki pH 6,61 – 6,92, tetapi pada pengamatan selanjutnya terjadi fluktuasi pH pada masing-masing fermentor.



Gambar 3. pH substrat selama produksi biogas

Pada fermentor II, pH hari ke 3 mengalami kenaikan dari 6,83 menjadi 7,11 – 7,67 hingga hari ke 30. Penurunan pH juga dapat dilihat pada fermentor I, III, IV, V, dan VI. pH substrat pada fermentor III, IV dan V mengalami penurunan mulai dari 6 – 3, sedangkan pada fermentor I dan VI mengalami penurunan dan kenaikan pH selama pengamatan 30 hari. Pada fermentor I pH awal pengamatan sebesar 6,92, namun pada pengamatan hari ke 6 mengalami kenaikan pH sebesar 7 hingga pengamatan hari ke 24, namun mengalami penurunan pH menjadi 6 pada pengamatan hari 27 hingga hari ke 30. Pada fermentor VI pH awal pengamatan sebesar 6,65, namun pada pengamatan hari ke 6 mengalami penurunan pH menjadi 5 sampai hari ke 9, dan terjadi penurunan pH menjadi 4 pada pengamatan hari ke 15 dan mengalami kenaikan pH menjadi 5 pada hari ke 18 hingga hari ke 21, namun mengalami penurunan pH pada hari ke 24 hingga hari ke 30 dengan pH sebesar 4. Kenaikan dan penurunan pH tersebut dikarenakan didalam proses produksi biogas terjadi perombakan asam-asam organik menghasilkan gas-gas amonia (NH<sub>3</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Sahidu, 1983).

Suhu yang diperoleh dalam produksi biogas pada penelitian ini berkisar antara 28,1<sup>0</sup>C – 31,6<sup>0</sup>C (Gambar 4). Pada fermentor I suhu yang diperoleh berkisar antara 28,5-31,4 °C, Fermentor II berkisar antara 28,5 -31,1<sup>0</sup>C, Fermentor III berkisar antara 28,1 -31,6<sup>0</sup>C, Fermentor IV berkisar antara 28,2 -31,4<sup>0</sup>C, Fermentor V berkisar antara 28,4 -31,4<sup>0</sup>C, dan Fermentor VI berkisar antara 28,7 -31,4<sup>0</sup>C.



Gambar 4. Suhu substrat selama produksi biogas

Faktor lainnya yang menyebabkan terjadinya fluktuasi suhu fermentor karena adanya proses dekomposisi bahan organik menghasilkan air yang dapat menurunkan suhu. Peningkatan suhu menunjukkan telah terjadi proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan gas metan, karbon-dioksida, sejumlah gas lainnya, dan panas (Yohanis 2012). Patel dan Madamwar (2002), menyatakan bahwa perubahan suhu memiliki kompensasi yang besar terhadap kinerja bakteri anaerob. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri metanogen dalam fermentor adalah 37<sup>0</sup>C (mesofilik), namun ternyata fermentor dapat beroperasi juga pada kondisi psikrofilik dan termofilik (Kirby 1983).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Limbah sago asal Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti dapat dimanfaatkan sebagai substrat penghasil energi alternatif berupa biogas. Perlakuan dengan campuran limbah cair sago : ampas sago : rumen sapi dengan perbandingan 1 : 1 : 1 menghasilkan volume biogas yang tinggi sebanyak 45.760 ml dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya selama 30 hari. Populasi bakteri aerob relatif turun seiring waktu fermentasi. pH substrat pada produksi biogas relatif konstan berkisar 3,45 – 7,62. Suhu substrat pada produksi biogas relatif konstan berkisar 28,1<sup>0</sup>C – 31,6<sup>0</sup>C. Perlu dilakukan pilot project dalam menghasilkan biogas dengan komposisi substrat yang menggunakan limbah cair sago, ampas sago, dan rumen sapi dengan rasio 1 : 1 : 1.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru dan Pabrik Sagu Mursalim Sungai Nambus Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti yang telah memberi izin pengambilan sampel untuk penelitian ini serta Staf Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Botani, dan Laboratorium Genetika Jurusan Biologi FMIPA Universitas Riau dan pihak-pihak yang sudah membantu dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Faisol, Muhammad. 2012. Pentingnya Biogas dalam Kehidupan Sehari-hari. <http://ishals.student.umm.ac.id/2012/02/03/pentingnya-biogas-dalam-kehidupan-sehari-hari/>. Akses Data 21 Maret 2013.
- Hadioetomo, R.S. 1993. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek. Gramedia, Jakarta.
- Junaidi, Mohammad. Sami'an. 2002. Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Energi Ramah Lingkungan di Perusahaan Susu Umbul Katon Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kiat LJ. 2006. Preparation and Characterization of Carboxymethyl Sago Waste and It's Hydrogel [tesis]. Malaysia: University Putra Malaysia.
- Kirby, K.D. 1983. Anaerobic Digester and Its Application to Agriculture Residue Utilization. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Lay, A.F. Tondak, dan M. Patrik. 2010. Optimalisasi Pengolahan Sago (*Metroxylon* sp.) menjadi Biofuel. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman.
- Lingaiyah V, Rajasekaran P. 1986. Biodigestion of Cawding and Organic Wastes Mixed with Oil Cake in Relation to Energy. Agriculture Wastes 17 (1986): 161-173.
- McClatchey Will. Manner, I. Harley. and Elevitch, R. Craig. 2006. *Metroxylon* Spp. Ecology papers Inc. London.
- Patel, H. and D. Madamwar. 2002. Effects of Temperatur end Organic Loading Rates on Biomethanation of Acidic Petrochemical Wastewater using an Anaerobic upflow fixed-film reactor. J. Biortech.



- Priyono, Agus. 2012. Kajian Aklimatisasi Proses Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu Secara Anaerob. [http://repository.unri.ac.id/bitstream/1234567897891/TKS\\_/AGU\\_/0807135272\\_2012\\_/KARYA%20ILMIAH.pdf](http://repository.unri.ac.id/bitstream/1234567897891/TKS_/AGU_/0807135272_2012_/KARYA%20ILMIAH.pdf). Akses Data 19 Febuari2013.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. 2010. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Volume 16 Nomor 2, Agustus 2010. [http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/wpcontent/uploads\\_/2010/perkebunan\\_warta\\_2010.pdf](http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/wpcontent/uploads_/2010/perkebunan_warta_2010.pdf). Akses Data 12 Febuari 2013.
- Riaupos. 2012. Meranti Penghasil Sagu Terbesar Ketiga di Dunia. <http://www.riaupos.com>, 28 April 2012.
- Rokaheski, Jiffi. 2012. Produksi Biogas dari Campuran Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) dan Feses Sapi: Analisis Jenis dan Kadar Asam Volatil serta Total Populasi Bakteri. FMIPA UR. Pekanbaru.
- Sahidu, S. 1983. Kotoran sebagai Sumber Energi. Dewaruci Press. Jakarta.
- Suciati A, Muntalif BS. 2011. Dynamics Growth of the Predominant Microorganisms in Biowaste Degradation Using Anaerobic Batch Reactor. ITB. Bandung.
- Suherman. 2009. Pengenalan Sagu. <http://ukmjsuherman.blogspot.com/2009/07/pengenalan-sagu.html>. Akses Data 19 November 2012.
- Suparjo. 2008. Saponin-Peran dan Pengaruhnya bagi Ternak dan Manusia. Laboratorium Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Jambi.
- Whistler R. L, J. N. Bemiler dan E. F. Paschall. 1997. Starch : Chemistry and Technology (2<sup>nd</sup> edition). Academic Press. Inc. New York.
- Yohanis, Daniel Seseray. 2012. Penambahan Ampas Sagu (*Metroxylon* spp.) sebagai Sumber Karbon Pada Proses Produksi Gasbio dengan Substrat Feses Babi (Sus sp.). [http://etd.ugm.ac.id/index./phpmod=/ penelitian\\_detail/&sub=/Penelitian/Detail&act=view&typ=html./&buku\\_id=/57487/&obyek\\_id=4](http://etd.ugm.ac.id/index./phpmod=/penelitian_detail/&sub=/Penelitian/Detail&act=view&typ=html./&buku_id=/57487/&obyek_id=4). Akses Data 19 Febuari 2013.